



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95109989.2

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

F28F 1/40

[43]公开日 1996年5月8日

[22]申请日 95.7.11

[30]优先权

[32]94.7.11 [33]JP[31]158387/94

[32]95.6.5 [33]JP[31]137785/95

[71]申请人 株式会社久保田

地址 日本大阪府

[72]发明人 杉谷纯一 前纯一 古田正夫

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

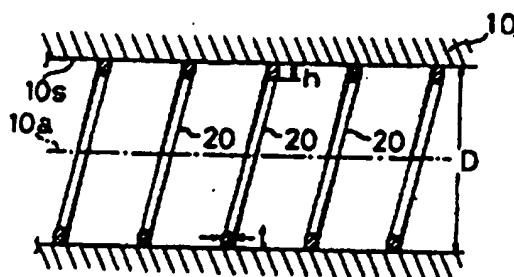
代理人 陈永红

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 热交换管

[57]摘要

一种用作用于生产乙烯的反应器管并具有高的热传导效率的热交换器管,具有沿管的轴向形成在管的从入口端至出口端设置的一个或多个区域或所有区域中的管壁内表面上的肋片。肋片的方向与管轴线相交并具有适当的节距。肋片由沿管的轴向在管壁内表面上螺旋延伸的突起形成,或各肋片为沿与管轴线垂直的方向在管壁内表面上周向延伸的环形突起。根据管的内径来适当地确定肋片的节距,肋片与管轴线的交角以及肋片的高度。



(BJ)第 1456 号

## 权 利 要 求 书

---

1. 一种热交换器管,其特征在于设置成与管轴线交叉方向的肋片沿管的轴向形成在管的从入口端至出口端的管壁内表面上的一个或多个区域或所有区域,肋片具有适当的节距。

2. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于所述肋片形成在至少三个从管的入口端至其出口端轴向设置的区域中,并且一个选定区域中的肋片的节距不同于其相邻区域中的肋片的节距。

3. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于所述肋片设置在从管的入口端至其出口端轴向设置的几乎所有区域中,并且连续区域中的一个选定区域中的肋片的节距不同于其相邻区域中的肋片的节距。

4. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于从管的入口端至管的中部的上游部分中的肋片的节距大于管的从中部至其出口端的下游部分中的肋片的节距。

5. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于从管的入口端至管的中部的上游部分中的肋片的节距小于管的从中部至其出口端的下游部分中的肋片的节距。

6. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于各肋片为沿与管轴线交叉或垂直的方向在管壁内表面上周向延伸的环形突起。

7. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在于肋片由沿管

的轴向在管壁内表面上螺旋延伸的螺旋突起形成。

8. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在於所述肋片形成在从管的入口端至出口端轴向设置在管壁内表面上的多个区域或所有区域,并且肋片可根据所需的结合包括沿与管轴线垂直的方向在管壁内表面上周向延伸的环形突起和沿管的轴向在管壁内表面上螺旋延伸的突起。

9. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在於管的内径为 150mm,肋片节距为 20—350mm,肋片与管轴线的交角为 15—90°,肋片高度为 1—15mm。

10. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在於各区域的轴向长度至少为 1m。

11. 如权利要求 1 所述的热交换器管,其特征在於所述的反应器管用于生产乙烯。

# 说明书

## 热交换管

本发明涉及一种热交换管,其热传导效率突出并可用作,例如,乙烯工厂中的热裂解反应器管(乙烯裂解管)。

在用于生产乙烯的热裂解设备中,将例如石油,天然气或乙烷的烃类物质作为与蒸气的流体混合物(约  $700^{\circ}\text{K}$ )送入反应器,并用从外侧供应的热量在其以高速(例如,当管长为约  $10-13\text{m}$  时,约需  $0.1-0.8$  秒流过反应器管)流过管时将其加热至一特定的温度(约  $1090^{\circ}\text{K}$ ),从而由热裂解生产出例如乙烯,丙烯和类似物的烯烃。

对于热裂解操作需要能有效地将热量传导给以高速流经管的流体,并将直至管的中央部分的流体快速加热至反应温度范围。同时,应尽量避免将流体不必要地加热至超过裂解温度范围的高温。原因是如果烃类物质长时间保持在超过裂解温度范围的高温中,该物质将过多地转化成较轻的部分(例如,甲烷和自由碳)或裂解产品经受缩聚或类似反应,因此大大地降低所需的产量,并同时使自由碳沉淀在管内表面上而导致需更频繁地除焦的缺点。

为了确保反应器管具有提高的热传导效率并能快速地将管内的流体加热,通常的作法是减小管的孔径(例如,减小至不大于  $40\text{mm}$ )并相对于管内空间体积增加热传导表面积。已提出了一种如图 12 所示的热交换管,它具有波纹内壁表面,即内表面上具有螺旋形或平行于管轴线延伸的脊和槽,横截面的这种精巧设计增加了

热传导面积(未审查的日本专利公开 No. 173022/1983 和 No. 127896/1989)。

尽管减小反应器管的直径能更有效地将热量传导给管内的流体,但如果要使设备的乙烯生产能力不变则需增加安装在裂解器中的反应器管的数量以补偿管径的减小。这使得设备操作和维护不便,同时管径的减小产生自由碳易于在较短时间内沉积在管壁上的缺点。

图 12 所示的反应器管的波纹内壁表面只能由于增加了管壁内表面面积而获得较高的热传导效率,但相对于通常的管(具有平滑的内壁表面而没有波纹)在其它功能上并不能获得明显的改进。

本发明的目的是解决上述问题,提供一种新颖的热交换管,它不需要减小管内径就可显著提高对流经管의 流体的热传导效率,同时可将管内流体直到其中央部分都快速加热至所需的温度,这种管可用于生产乙烯的热裂解设备中来大大增加其生产能力并使设备的结构紧凑且易于操作和维护。

本发明的热交换器管的特征在于设置成与管轴线交叉方向的肋片沿管的轴向形成在管的从入口端至出口端的管壁内表面上的一个或多个区域或所有区域,肋片具有适当的节距。

肋片由沿管的轴向在管壁内表面上螺旋延伸的螺旋突起形成,或各肋片为绕管轴线在管壁内表面上周向延伸的环形突起。

管内从入口端至出口端形成有肋片的区域,肋片与管轴线的交角,肋片节距等是根据特定的条件,例如热交换管的操作条件,所需的热传导效率,可允许的压力损失范围等来确定的。

沿与管轴线交叉(成直角或斜交)方向形成在管壁内表面上的

肋片用作管内流体的搅拌元件,作为搅拌形成的紊流的结果是使热量以较高的效率通过管壁传递给管内的流体。

因此,与现有技术中的热交换器管通过增加管壁的热传导面积来提高热传导效率不同,本发明完全依靠由肋片的搅拌作用在管内流体中形成紊流来产生显著的流体混合效果,从而使流体在从管壁至管轴线的整个横截面上沿径向获得温度的均匀分布,并快速加热至所需的温度。

尽管能确保对管内流体的快速加热,但形成在管内壁表面上的肋片会增加流体的压力损失。然而通过根据管的内径来设计肋片,例如,适当地确定肋片与管轴线的交角和肋片节距,就可以在由有效的搅动作用获得高的热传导效率的同时将压力损失抑制在不会妨碍实际操作的限度内。

下面通过附图及实施例详细说明本发明。附图中:

图 1 为具有由螺旋突起形成的肋片的管的轴向截面图;

图 2 为具有分别由环形突起形成的肋片的管的轴向截面图;

图 3 为具有螺旋突起的管壁内表面的改进结构;

图 4 为具有环形突起的管壁内表面的改进结构;

图 5 为示出肋片在管壁内表面上的分布的一个例子的轴向截面示意图;

图 6 为示出肋片在管壁内表面上的分布的另一个例子的轴向截面示意图;

图 7 为示出具有肋片的热交换管内侧流体温度分布的示意图;

图 8 为示出没有肋片的热交换管内侧流体温度分布的示意图;

图 9 为示出没有肋片的热交换管内侧流体温度分布的示意图;

图 10 为示出位于如图 7 和 9 所示管的轴向部分的流体温度的曲线图；

图 11 为示出该管内侧流体压力的曲线图；

图 12 为热交换管的一个通常例子的横截面图。

图 1 和图 2 示出根据本发明的形成于管壁内表面上的肋片的设置的例子。图 1 中标号 10 为管，10a 为管的轴线，而 10s 为管壁内表面。由螺旋形突起形成的肋片 20 轴向地在管的管壁内表面上螺旋形延伸。图 2 示出各肋片 20 为绕管轴线 10a 在管壁内表面上周向延伸的环形突起形式。

图 1 示出的一个例子中肋片为连续的单螺旋突起，但这种肋片也可以由多螺旋突起形成。

图 3 为具有由螺旋突起形成的肋片 20 的管的改进结构，示出管壁内表面上的螺旋型式。 $\theta$  表示肋片 20 与管轴线 10a 的交角， $p$  为肋片 20 的节距，而  $s$  为周长 ( $s = \pi D$ ，其中  $D$  为管的内径)。由单螺旋突起形成的肋片 20 的节距  $p$  等于螺旋突起中的一点绕管轴线完全旋转一周的轴向移动距离，即螺距  $L (= \pi D / \tan \theta)$ 。由多螺旋突起形成的螺旋肋片 20 的节距  $p$  可有选择地定为相邻螺旋突起之间的间距(轴向距离)。

图 4 为具有环形突起肋片的管壁内表面的改进结构。肋片与轴线的交角  $\theta$  为  $90^\circ$ ，节距  $p$  为相邻肋片 20 之间的轴向间距。

管壁内表面上的肋片形成在沿管的从其入口端 10<sub>1</sub> 至其出口端 10<sub>2</sub> 的轴向长度的一个区域中，或如图 5 所示形成在管的轴向布置的多个区域中。(图中示出一个例子，其中肋片形成在从入口端 10<sub>1</sub> 至出口端 10<sub>2</sub> 设置的三个区域 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 和 A<sub>3</sub> 中)。或者，肋片形成

在管的从入口端  $10_1$  至出口端  $10_2$  的整个区域  $A$  上。

一管内的肋片可由螺旋突起形成,或包括环形突起,或是两者的结合。例如,在图 5 中在区域  $A_1$  设置环形突起肋片,而在区域  $A_2$  和  $A_3$  设置螺旋突起肋片。因此,可根据需要有选择地结合螺旋突起和环形突起。

位于管壁内表面上的肋片 20 用作用于搅动管内的流体并以较高的效率向流体传递热量的元件,同时这种肋片也成为增加流体压力损失的因素,但由于较高的热传导效率能确保较快的加热效果,并且通过根据管的内径适当地确定例如节距  $p$  和肋片的交角  $\theta$  可抑制压力损失的增加。

管内不同的区域采用不同的肋片节距  $p$  是一种确保提高热传导效率和抑制压力损失之间的平衡的有效的方法。例如,如图 5 所示,在肋片设置在沿管的轴向的不连续的区域中时,一个区域中的肋片节距与相邻区域中的肋片节距不同,并且不同的节距  $p$  沿管的轴向重复。在如图 6 所示肋片设置在管的几乎整个区域中时,整个区域可分成许多连续的分区域,各相邻的分区域的肋片节距  $p$  不相同,并且沿管的轴向重复这种不同的节距  $p$ 。

对于在某些区域或整个区域形成有肋片的管来说,管的从入口端至中间部分的上游部分的肋片节距  $p_1$  相对较小,而管的下游部分的肋片节距  $p_2$  相对较大 ( $p_1 < p_2$ )。这样就保证上游部分由于强的搅动作用而快速加热,而在延伸至出口端的下游部分抑制压力损失的增加。当需要在管的下游部分由强的搅动来快速加热流体时,可颠倒上面所述的上游部分和下游部分之间的关系(即  $p_1 > p_2$ )。

适当地确定肋片的高度  $h$ (见图 1 和 2),使其与管内径  $D$  一致。



通过搅动可提高热传导效率,而通过使肋片形成在管内不同的位置,例如相邻位置,使肋片具有不同的高度 $h$ ,或使肋片在管的上游部分(或下游部分)具有较高的高度 $h$ ,而在管的下游部分(或上游部分)具有较低的高度,而抑制压力损失的增加。

为了以高速快速地加热通过乙烯生产反应器管的气体流体,需要在沿管的轴线的至少三个区域或在管的整个长度上形成肋片。当反应器管的内径 $D$ 为约 $150\text{mm}$ 时,可使节距 $p$ 为约 $20-350\text{mm}$ ,交角 $\theta$ 约为 $15^\circ$ ,肋片高度 $h$ 约为 $1-15\text{mm}$ 。当肋片设置在沿管轴线的多个连续区域中时,各区域的轴向长度最好为至少 $1\text{m}$ ,而相邻区域相距例如约 $50-2000\text{mm}$ 。当肋片形成在管的几乎整个区域中并且该整个区域分成相互不同(例如节距 $p$ 不同)的多个连续分区域时,,各分区域可具有约 $1\text{m}$ 的轴向长度。肋片的厚度 $t$ 例如根据管的内径来确定,其范围约为 $5-10\text{mm}$ 。

下面为用于生产乙烯的反应器管的例子,其中肋片由螺旋突起形成,并考虑快速加热和压力损失抑制之间的平衡。

一种反应器管,内径 $D$ 约为 $150-100\text{mm}$ ,交角 $\theta$ 为 $40-85^\circ$ ,节距 $p$ 为 $20-150\text{mm}$ 。

一种反应器管,内径 $D$ 约为 $100-50\text{mm}$ ,交角 $\theta$ 为 $25-65^\circ$ ,节距 $p$ 为 $50-300\text{mm}$ 。

一种反应器管,内径 $D$ 约为 $50\text{mm}$ ,交角 $\theta$ 为 $25-45^\circ$ ,节距 $p$ 为 $50-300\text{mm}$ 。

以下为具有代替螺旋突起肋片的环形突起肋片的例子(交角 $\theta$ 为 $90^\circ$ )。

一种反应器管,内径 $D$ 约为 $150-100\text{mm}$ ,节距 $p$ 为 $50-$

150mm。

一种反应器管,内径  $D$  约为 100—50mm,节距  $p$  为 100—350mm。

一种反应器管,内径  $D$  约为 50mm,节距  $p$  为 100—350mm。

肋片以上述不同的方式形成在这些反应器管中,例如,管的不同的区域具有不同的节距  $p$  或肋片高度  $h$ 。

### 实例

对根据本发明的于管壁内表面上形成有肋片的管(测试管 A)在模拟用于生产乙烯的反应器管的操作条件下进行热流体分析,结果如下。形成的肋片的设置和分析条件如下。

#### (1)管壁

内径  $D$ : 60mm,长度: 10m。

#### (2)肋片的设置

如图 6 所示,各包括一环形突起的肋片形成在管的从入口端至出口端的几乎整个区域中(肋片高度  $h$  为 3mm,厚度为 5mm)。

肋片节距  $p$  在上游部分(从入口端起占管整个长度的约 40%)中为 100mm,而在下游部分(占管长的约 60%)中为 300mm。

#### (3)管壁温度: 1300°k

#### (4)管内的流体

流速: 100m/s(停留时间 0.1 秒)

温度(入口端内侧): 700°k

流动粘滞系数: 102.7mm<sup>2</sup>/s

雷诺数: 48685

图 7 示出由流体分析确定的测试管 A 内的温度分布。用于生

产乙烯的热裂解反应的温度区为  $a(1093-1120^{\circ}k)$ 。

对一个没有肋片的管(测试管  $B$ , 其内径  $D$  和管长与测试管  $A$  相同)进行上述相同条件下的流体分析。图 8 示出所测定的管内流体的温度分布。

图 7 和 8 揭示出如下结论。没有肋片的测试管  $B$ (图 8)沿管的径向具有较大的温度梯度。在经过管  $B$  的整个长度的约  $4/5$ (位置  $x_2$ )之后, 管内的流体才到达用于热裂解反应的温度区  $a$ 。另一方面, 带肋片的管  $A$ (图 7)沿管的径向具有较小的温度梯度。在流体流过管长的约  $2/5$ (位置  $x_1$ )时, 流体到达热裂解反应所需的温度区  $a$ , 并且很快地加热至温度区  $i$ 。

图 9 示出使用另一个没有肋片的与测试管  $B$  类似的管(测试管  $C$ )在与测试管  $A$  基本上相同的条件下加热所获得的结果。测试管  $C$  的内径  $D$  为  $38mm$ 。图 10 示出测试管  $C$  和测试管  $A$  的轴向部分的流体温度。内表面上没有肋片的测试管  $C$  的热传递效率与带肋片的测试管  $A$  相当, 但测试管  $C$  的内径( $D=38mm$ )比测试管  $A$  的内径( $D=60mm$ )小得多。这意味着作为设置在管壁内表面上的肋片的一个优点, 与没有肋片的管不同, 带肋片的管可具有大大增加的內径, 以用作一个大直径管。

图 11 示出沿测试管  $A$ (带肋片)和测试管  $C$ (不带肋片)的轴线所测得的流体压力变化(以入口端作为参考点的压力损失)。测试管  $A$  的压力损失大于测试管  $C$  的压力损失, 但仍保持不至于妨碍热裂解操作的损失水平。当需要时, 可通过略微流经管的流体的速度而使测试管  $A$  与测试管  $C$  在出口端的压力变化相当。

顺便地说, 图 11 示出测试管  $A$  在点  $I$  右侧(下游侧)的压力梯

度比左侧(上游侧)的小得多。这种梯度的改变相应于肋片节距  $p$  的不同。(上游侧的节距  $p$  大于下游侧的节距)。因而,管的上游侧和下游侧的节距  $p$  的不同对于减小压力损失的增加同时由肋片的搅动作用确保高的热传导效率是有效的。

通过在反应器管内表面上设置肋片来提高热传导效率的乙烯生产反应器管可大大增加热裂解器的生产能力,并使得热裂解器结构紧凑,易于操作和维护。由于管内的流体直至管的中央部分都能够迅速加热至热裂解温度,流体可以与小直径管一样的速度流过管,因此在设备的规模保持未变时,由于增加的管径和高的流体速度而大大增加生产能力。

此外,可大大缩短管的长度而不会减小生产能力。例如,通过比较图 7 所示的测试管 A 和图 8 所示的测试管 B 可以看出,当流体需加热至管的轴向部分的热裂解温度时,后者需要管内的流体通过整个管长的约  $4/5$  的停留时间,而在测试管 A 的情况下,相应于整个管长的  $2/5$  的停留时间就可使流体加热至轴向部分的裂解温度。也就是说作为生产乙烯的反应器管,前一种测试管可缩短至后者的一半或缩短长度而同时保持与后者相当的乙烯生产能力,因而可使热裂解器结构紧凑。

另外,与通常的通过减小直径来提高热传导效率的反应器不同,本发明的管尽管具有较大的直径也能确保高的热传导效率,因而可以比现有技术少的管数来获得相同的生产能力。例如,将直径从测试管 C(直径  $D$  为  $38mm$ )增加至测试管 A(直径  $D$  为  $60mm$ ),可将安装在裂解器中的反应器管减至一半或者更少。

本发明的热交换管是从由耐热合金(例如  $25Cr-20Ni$

(SCH22), 25Cr—35Ni(SCH24)或耐热镍铬铁合金)制成的管状体制备的,这种耐热合金是根据在管状体的壁的内表面上形成耐热合金的肋片的使用和操作条件而选择的,肋片是由例如粉末等离子弧焊或使用自耗电极或非自耗电极的惰性气体弧焊形成的。通过使管状体绕其轴线转动并使焊炬沿管状体的轴向连续或间断地移动进行焊接而形成螺旋突起或环状突起的肋片。

根据本发明的热交换管由于管壁内表面上的肋片在管内流体上产生的均匀搅拌混合效果而获得非常高的热传导效率,并且即使当具有大的直径时也能确保这种高的效率而不需减小管的直径。因此,当这种管当用作用于生产乙烯的反应器管时,由于流体可高速地流过以及增加的管径,这种管使裂解器的生产能力大大提高,当管具有缩短的长度时,可使裂解器结构紧凑,并且通过减少安装在裂解器中的管的数量而使裂解器易于操作和维护。

另外,本发明的热交换管也可用作,例如,用于产生蒸汽的锅炉管,用于产生电力的城市废物燃烧炉的过热管,用于钢材料的热处理炉的辐射管,用于制造轧制铁的预加热管等。本发明的热交换管由于其高的热传导效率使得设备的生产能力增加,结构紧凑并且易于操作和维护。

# 说明书附图

图1

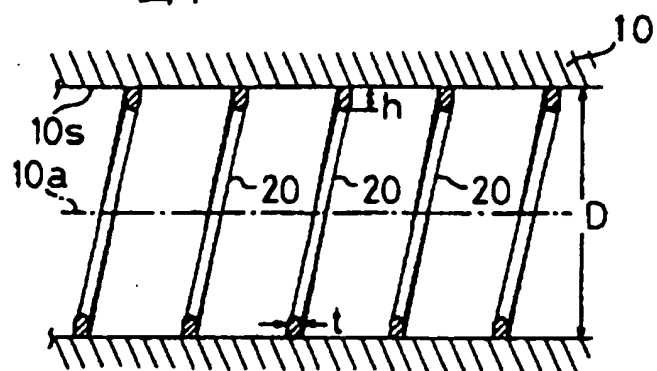


图2

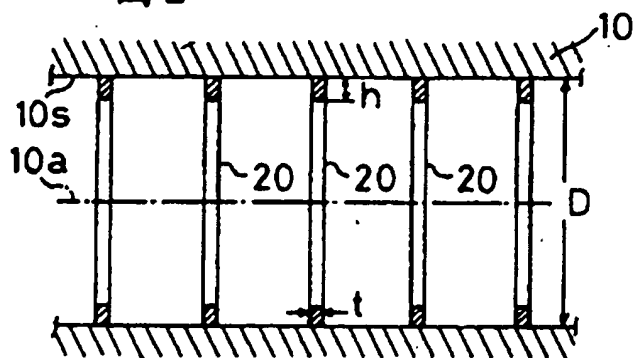


图3

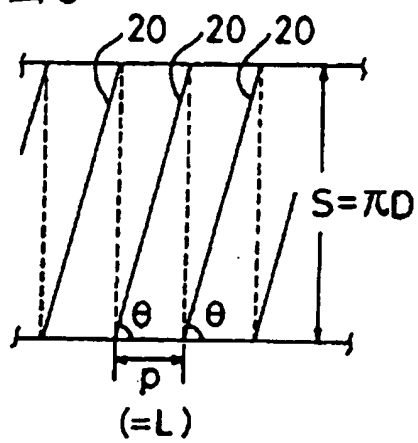


图 4

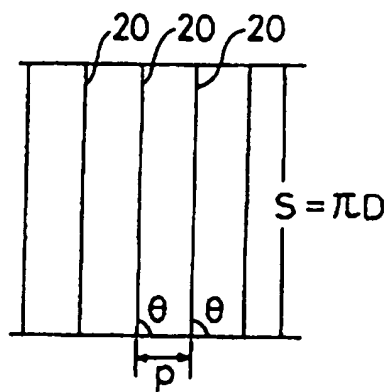


图 5

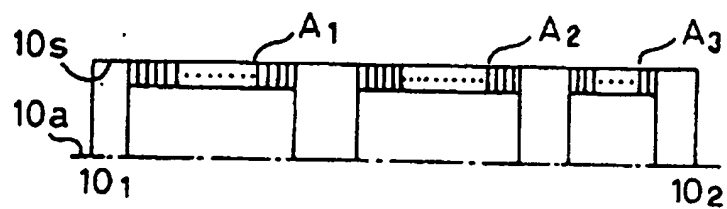


图 6

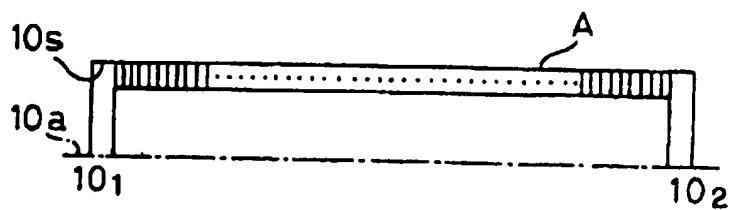
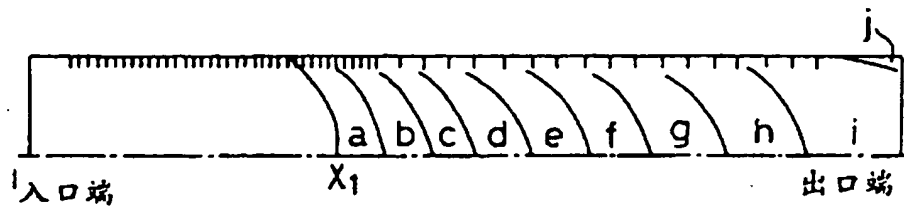


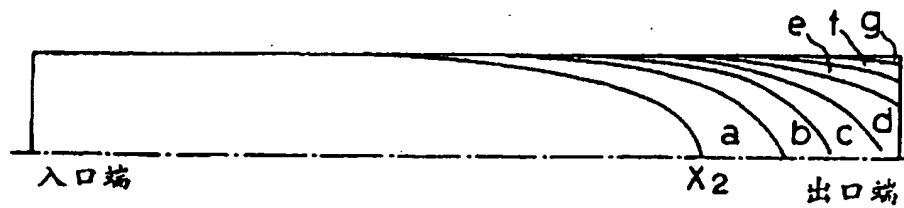
图7



区域: 温度 ( $^{\circ}$  K)

- a : 1093~1120
- b : 1120~1140
- c : 1140~1160
- d : 1160~1180
- e : 1180~1200
- f : 1200~1220
- g : 1220~1240
- h : 1240~1260
- i : 1260~1280
- j : 1280 $\leq$

图8

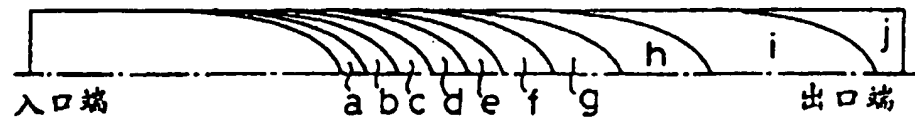


区域: 温度 ( $^{\circ}$  K)

- a : 1093~1120
- b : 1120~1140
- c : 1140~1160
- d : 1160~1180
- e : 1180~1200
- f : 1200~1220
- g : 1220~1240



图9



区域: 温度 ( $^{\circ}\text{K}$ )

- a : 1093~1120
- b : 1120~1140
- c : 1140~1160
- d : 1160~1180
- e : 1180~1200
- f : 1200~1220
- g : 1220~1240
- h : 1240~1260
- i : 1260~1280
- j : 1280 $\leq$

图10

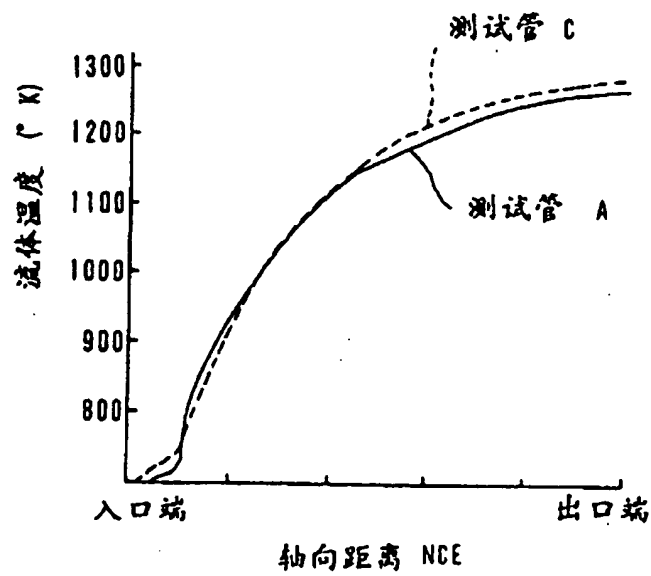


图11

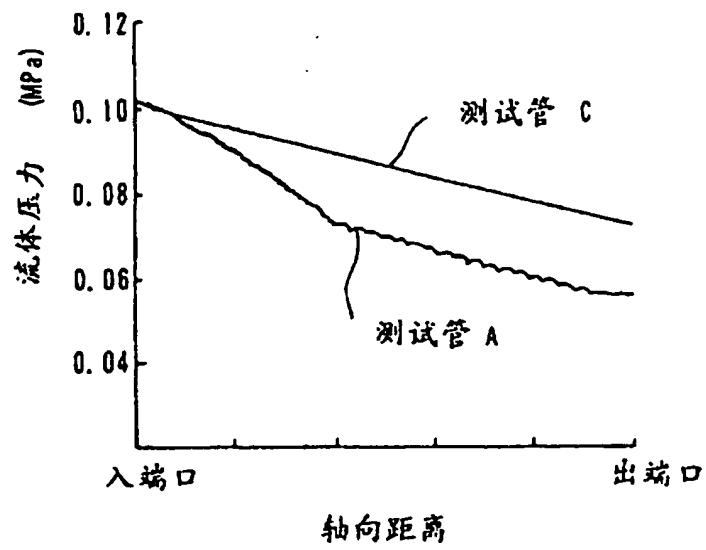
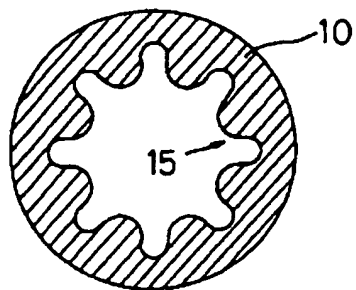


图12 现有技术



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**